

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **10-062646**
 (43)Date of publication of application : **06.03.1998**

(51)Int.CI.

G02B 6/293
G02B 6/02
H04B 10/08
H04B 10/24
H04B 10/22
H04B 10/00

(21)Application number : **09-115534**
 (22)Date of filing : **06.05.1997**

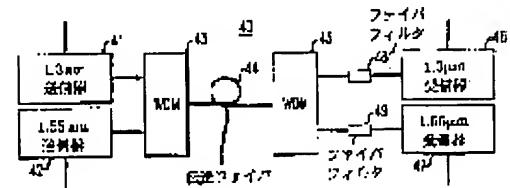
(71)Applicant : **LUCENT TECHNOL INC**
 (72)Inventor : **NELSON KATHERINE THERESA**
REED WILLIAM ALFRED
WALKER KENNETH LEE
WHITE IAN ARTHUR

(30)Priority
 Priority number : **96 654499** Priority date : **28.05.1996** Priority country : **US**

(54) OPTICAL FIBER COMMUNICATION SYSTEM**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize an optical fiber communication system by which even the function not available hitherto because of deficient cost efficiency can be provided, by utilizing fiber filters simply and at low cost, so that the cost of the system can be reduced.

SOLUTION: An optical fiber communication system is provided with a first radiation source 41 of a first wavelength λ_1 , a utilization means of the radiation source such as a receiver 46, first optical fiber transmission passages 44, 48 for connecting the first radiation source 41 with the utilization means 46, a second radiation source 42 of a second wavelength λ_2 , a utilization means 47 of the radiation source of the second wavelength, and second optical fiber transmission passages 44, 49 for connecting the second radiation source 42 with the utilization means 47. The first part 44 of the first optical fiber transmission passages 44, 48 is included in the second optical fiber transmission passage. The system is further provided with an optical filter 48 that ejects nearly all the radiation of the second wavelength from the second part of the first optical fiber transmission passages 44, 48.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] **05.04.1999**
 [Date of sending the examiner's decision of rejection] **11.09.2001**
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2001-22039

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 10.12.2001

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-62646

(43)公開日 平成10年(1998)3月6日

(51)Int.Cl. ^e	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 02 B	6/293		G 02 B	6/28
	6/02			6/02
H 04 B	10/08		H 04 B	9/00
	10/24			K
	10/22			G
				A

審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全 7 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平9-115534

(22)出願日 平成9年(1997)5月6日

(31)優先権主張番号 654499

(32)優先日 1996年5月28日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 596077259

ルーセント テクノロジーズ インコーポ

レイテッド

Lucent Technologies
Inc.

アメリカ合衆国 07974 ニュージャージ
ー、マーレーヒル、マウンテン アベニュー
600-700

(72)発明者 キャサリン テレサ ネルソン

アメリカ合衆国, 07933 ニュージャージ
ー、ジレット、ロング ヒル ロード
843

(74)代理人 弁理士 三俣 弘文

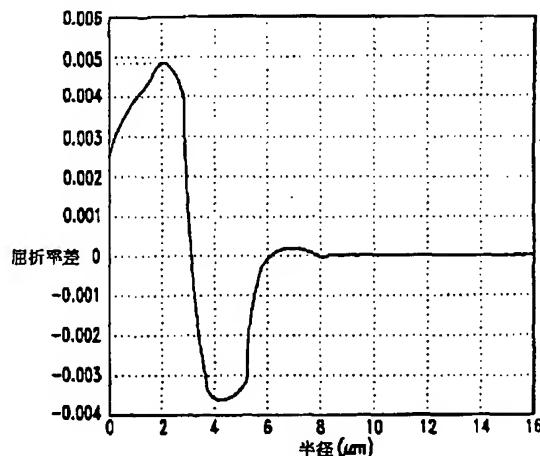
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光ファイバ通信システム

(57)【要約】

【課題】 簡便で低成本のファイバフィルタを利用可能にすることにより、システムのコストを低くするとともに、以前には費用効率が良くないために利用可能でなかった機能をも提供する光ファイバ通信システムを実現する。

【解決手段】 光ファイバ通信システムは、第1波長入₁の第1放射源41と、該放射の利用手段(例えば受信器46)と、第1放射源41と利用手段46を接続する第1光ファイバ伝送路44, 48と、第2波長入₂の第2放射源42と、第2波長の放射の利用手段47と、第2放射源42と利用手段47を接続する第2光ファイバ伝送路44, 49とを有する。第1光ファイバ伝送路の第1部分44は第2光ファイバ伝送路に含まれる。システムはさらに、第1光ファイバ伝送路の第2部分から第2波長の放射をほとんど排除する光フィルタ48を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1波長 λ_1 の第1電磁放射源(41)と、第1波長の電磁放射を利用する第1利用手段(46)と、第1電磁放射源と第1利用手段を接続する第1光ファイバ伝送路(44, 48)と、第2波長 λ_2 の第2電磁放射源(42)と、第2波長の電磁放射を利用する第2利用手段(47)と、第2電磁放射源と第2利用手段を接続し、第1光ファイバ伝送路の第1部分を含む第2光ファイバ伝送路(44, 49)と、第1光ファイバ伝送路に配置され、第1光ファイバ伝送路の第2部分から第2波長の電磁放射をほとんど排除する光フィルタ(48)とからなる光ファイバ通信システム(40)において、前記光フィルタは、第1波長の電磁放射をほとんど無損失で伝送するとともに第2波長の電磁放射をほとんど減衰するように選択された、長さの、軸方向にほぼ一樣な光ファイバからなることを特徴とする光ファイバ通信システム。

【請求項2】 $\lambda_1 < \lambda_2$ であり、前記光ファイバは、 λ_1 におけるシングルモード光ファイバであって、 λ_2 における導波放射モードを伝搬させない、シリカベースの光ファイバであることを特徴とする請求項1のシステム。

【請求項3】 λ_1 は約1.3μmであり、 λ_2 は約1.55μmであり、前記光ファイバは、コア径が4.0～9.0μmの範囲にあり、デプレスドクラッドの外径はコア径の2～4倍の範囲にあり、コアの屈折率を n_1 、デプレスドクラッドの屈折率を n_2 、外部クラッドの屈折率を n_0 、 $\Delta^+ = (n_1 - n_0) / n_1$ 、 $\Delta^- = (n_2 - n_0) / n_2$ として、 Δ^+ は0.20～0.6%の範囲にあり、 Δ^- は-0.1～-0.6%の範囲にあることを特徴とする請求項2のシステム。

【請求項4】 前記光ファイバは、コアと、コアを接触包囲するデプレスドクラッドと、デプレスドクラッドを接触包囲する外部クラッドからなり、外部クラッドの少なくとも一部は第2波長の放射を吸収するように選択されることを特徴とする請求項2のシステム。

【請求項5】 前記光ファイバは、コアと、コアを接触包囲するクラッドからなり、コアは、第1波長の放射をほとんど吸収せず第2波長の放射を吸収するドーバント種を含み、前記長さの光ファイバは、 λ_1 における損失が1dBより小さく、 λ_2 における損失が20dBより大きいことを特徴とする請求項1のシステム。

【請求項6】 $\lambda_1 > \lambda_2$ であることを特徴とする請求項5のシステム。

【請求項7】 システムモニタ手段をさらに有し、第1波長の放射は信号用の放射であり、第2波長の放射はシステムモニタ用の放射であることを特徴とする請求項1のシステム。

【請求項8】 前記システムモニタ手段は光時間領域反射測定手段であることを特徴とする請求項7のシステム。

【請求項9】 第1波長の放射と第2波長の放射がいずれも信号用の放射であることを特徴とする請求項1のシステム。

【請求項10】 第1光ファイバ伝送路の前記第1部分において信号用の放射の一方向伝送が可能であることを特徴とする請求項9のシステム。

【請求項11】 第1光ファイバ伝送路の前記第1部分において信号用の放射の双方向伝送が可能であることを特徴とする請求項9のシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ファイバ通信システムの分野に関する。

【0002】

【従来の技術】 光ファイバ通信システムにおいては、1つの(あるいはおそらく複数の)所定の波長範囲内の放射を強く抑制しながら、同時に他の波長範囲内の放射に対して低損失を示すことが可能な部品に対する要求が生じることが多い。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 このような機能を有する部品は市販されており、一般に、光路に挿入され固定された多層平面反射コーティングからなる。このような部品はほとんど任意の波長範囲をフィルタリングするように設計可能であり、通過帯域から禁止帯域への遷移は50nm以下であり、波長分離は約30～55dBであり、付加損失は約0.5dBである。しかし、これらの部品は一般に、製造に手間がかかり技巧を要するためコストがかかる。すなわち、従来技術の部品の比較的良好な特性にもかかわらず、比較的低コストで製造可能であるとともに素早く簡単に設置可能な同等の機能の部品が入手可能になることが強く所望されている。本願は、そのような部品と、その部品からなるシステムを開示するものである。

【0004】 米国特許第4,946,250号(発行日:1990年8月7日、発明者:F.Gonthier et al.)には、与えられたプロファイルの2つの離間したテーパからなる光ファイバ波長フィルタが開示されている。このようなフィルタは明らかに、製造が困難であり、非常に脆い。

【0005】 J. Nishimura et al., Proceedings of IOOC-95, paper WA 2-5, p.26には、ある波長で交差する色屈折率を有する光学ガラスから製造された分散ファイバが開示されている。このファイバは、短波長では伝搬モードがなく、ハイパスフィルタとして使用可能である。

【0006】 「アンドープ」したコア(すなわち、ガラ

スSiO₂より高い有効屈折率を有するコア)を有するシリカベースのシングルモード光ファイバを、「ダウンドープ」した内部クラッド(すなわち、ガラスシリカより低い屈折率を有する)で接触包囲したものを、さらにガラスシリカの外部クラッドで包囲したものが知られており、市販されている。これは一般に「デプレスドクラッド」形ファイバと呼ばれている。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は特許請求の範囲に記載したとおりである。一般的には、本発明は、光ファイバ通信システムにおいて、低成本で、容易に設置される光フィルタであって、第1波長(例えば約1.3μm)の電磁放射(以下「放射」という。)をほぼ無損失(例えば、損失<1dB)で伝送するとともに、第2波長(例えば約1.55μm)の放射を大幅に減衰させる(例えば損失>20dB)ように選択されたものである。

【0008】具体的には、光ファイバ通信システムは、第1波長の第1放射源と、該放射の利用手段(例えば受信器)と、第1放射源と利用手段を接続する第1光ファイバ伝送路とからなる。さらに、光ファイバ通信システムは、第2波長の第2放射源と、第2波長の放射の利用手段と、第2放射源と利用手段を接続する第2光ファイバ伝送路とを有し、第1光ファイバ伝送路の第1部分が第2光ファイバ伝送路に含まれる。システムはさらに、第1光ファイバ伝送路の第2部分から第2波長の放射をほとんど排除する光フィルタを有する。

【0009】重要な点として、光フィルタは、第1波長の放射をほぼ無損失(例えば、損失<1dB)で伝送するとともに、第2波長の放射を大幅に減衰させる(例えば損失>20dB)ように選択された長さ(一般に≤100m)の光ファイバからなる。理解されるように、光ファイバは長さにわたり軸方向にはほぼ一様であり、屈折率やその他のファイバ特性に関しては軸方向の意図的な変動はない。

【0010】例えば、光ファイバは、第1波長(λ₁)でのシングルモードファイバとして設計されたデプレスドクラッド形ファイバであり、λ₁<λ₂となる第2波長(λ₂)では基本モードはリーク性(すなわち、導波されない)である。こうして、ファイバはローパスフィルタとして作用する。

【0011】もう1つの例では、光ファイバは、第1および第2の両方の波長におけるシングルモードまたはマルチモードのファイバとして設計されることが可能である。ただし、第1波長の放射よりも第2波長の放射を非常に強く吸収するように選択されたドーパントでドープされる。こうして、このファイバは、ドーパントの特性に応じて、ハイパスフィルタ、ローパスフィルタ、バンドパスフィルタまたはノッチフィルタとして作用することが可能である。例えば、ドーパント種はOHまたはEr

rである。OHは1.38μm付近に強い吸収帯を有し、Erは1.53μm付近に強い吸収帯を有する。吸収種の他の例はYbであり、これは約0.98μmに吸収ピークを有する。ホウ素や、その他の希土類元素もまた、吸収種として利用可能性がある。

【0012】当業者には認識されるように、光ファイバフィルタは、通常の伝送ファイバのコストに比べて比較的低コストで従来の方法により製造可能である。その理由は、ファイバプリフォームの製造の際の追加コストは一般に、数十キロメートルのファイバ(これから数百個(あるいは数千個さえ)のファイバフィルタを作ることができる)にわたって拡散してしまうからである。

【0013】また、当業者には認識されるように、本発明によるファイバフィルタは、容易に設置されるように設計可能である。例えば、長さの適当に被覆されたフィルタファイバは、適当なファイバコネクタによりコネクタ化することが可能であり、その結果得られる製品は、いわゆるファイバ「ジャンパ」の外観を有し、従来のジャンパと同様に容易に設置可能である。もちろん、ファイバフィルタは、例えば従来のスプライシングによっても設置可能である。さらに、本発明によるファイバフィルタは、従来のファイバジャンパが一般に置かれているような環境と同様の環境に置かれるときに、ファイバフィルタの存在が通過波長に悪影響を与えることがないよう設計可能である。

【0014】本発明によるファイバフィルタは、さまざまな光ファイバ通信システムで使用可能である。そのようなシステムのうちには、単一のファイバ経路を通じて複数の(比較的広い間隔を有する)波長の信号放射を伝送するシステムや、ファイバ経路を(例えばOTDRを用いて)モニタしながらトラフィックを伝送するシステムや、ファイバ経路のモニタリングを有するあるいは有しない、一方向または双方向の二重(ダイプレクス)システムがある。

【0015】従来技術の光フィルタも一般にフィルタリング機能を実行するために使用可能ではあるが、その使用には一般に高いコストと不便さが伴う。本発明によれば、簡便で低成本のファイバフィルタが利用可能になることにより、システムのコストも低くなるとともに、以前には費用効率が良くないために利用可能でなかった機能を提供するシステムが実現される。

【0016】

【発明の実施の形態】以下ではシリカベースのファイバフィルタに関して説明する。しかし、当業者には認識されるように、本発明は、非シリカベース(例えば、フッ化ガラス)のファイバフィルタでも実施可能である。

【0017】図1に、例えば1.3μmの放射をほとんど減衰させることなく1.55μmの放射を抑制するローパスフィルタとして使用可能な例示的な光ファイバで測定した屈折率プロファイルを示す。

【0018】この例のファイバは、1.3μm伝送窓におけるシングルモードファイバとなるように（すなわち、基本モードのみを伝搬させるように）するとともに、1.55μm伝送窓に導波モードを有しないように（すなわち、基本モードがリークモードである）設計されている。これは、基本モードの有効屈折率が、ある中間波長で外部クラッドの屈折率と等しくなり、長波長（1.55μmを含む）で外部クラッドの屈折率より低く、短波長（1.3μmを含む）で高くなるように、ファイバを設計することによって実現される。モードの「有効屈折率」（ n_{eff} ）は $\beta/\lambda/2\pi$ である。ただし、 β はモードの伝搬定数であり、 λ は波長である。当業者には認識されるように、図1の屈折率プロファイルの測定値における中央のくぼみは、ファイバプリフォームを形成するために用いられた製造プロセス（MCV）の結果であり、本発明によるファイバの要件ではない。

【0019】上記の所望の特性を有する光ファイバを設計するために使用可能な設計手続き（一般にコンピュータ支援モデリングを含む）は、当業者には周知である。そのようなファイバは一般に、コア径が4.0～9.0μmの範囲にあり、デプレスドクラッドの外径はコア径の2～4倍の範囲にあり、 Δ^+ は0.20～0.6%の範囲にあり、 Δ^- は-0.1～-0.6%の範囲にある。ただし、 $\Delta^+ = (n_1 - n_0) / n_1$ 、 $\Delta^- = (n_2 - n_0) / n_2$ であり、 n_1 はコアの屈折率、 n_2 はデプレスドクラッドの屈折率、 n_0 は外部クラッドの屈折率（一般に、ガラスシリカの屈折率に等しい）である。さらに、このようなファイバは、周知のドーバント（例えば、コアにはGe、PあるいはAl、デプレスドクラッドにはFあるいはB）を用いて周知の方法（例えば、MCV D、OVD、VAD）によって製造可能である。本発明の実施例では、外部クラッドの少なくとも一部は禁止波長に比較的高い減衰を有し、非導波放射が外部クラッドで吸収されるようにされる。

【0020】図2および図3に、10mのケーブル化されていない図1のファイバにおいて、ほぼ直線上のファイバ（ループ半径>12インチ（30.5cm））およびコイル状ファイバ（ループ半径1.5インチ（3.8cm））の場合のスペクトル損失を示す。図から分かるように、フィルタ特性は、幾分ループ半径への依存性を示す。しかし、いずれの場合にも、ファイバは、1300nmにおいて、および約1360nm（通常、1300nm伝送窓の上限伝送波長とされる）までは観測可能な減衰がなく、一方、1550nmでは大きく（～55dB）放射は減衰している。低損失と高損失の間の遷移幅は約50nmである。この特性は、ファイバが通常のように（例えば、ジャンパに通常使用されているように）ケーブル化された場合にもほとんど同じである。

【0021】本発明の実施に使用されるファイバは、所望の波長における放射を吸収するドーバントでコア（お

よびおそらくはコアに隣接するクラッドも）をドーピングすることによって製造することも可能である。例えば、OHは約1.38μmに吸収ピークを有し、Erは約1.53μmにピークを有し、Ybは約0.98μmにピークを有する。

【0022】このようなファイバは、例えばOVD、MCVD、VAD、溶液ドーピングあるいはゾル／ゲル法のような周知の技術によって形成可能である。現時点で好ましいのは溶液ドーピング法である。その理由は、この方法によれば、他の方法よりもドーピングの許容範囲が大きくなることが多いためである。例えば、S. Poole et al., J. Lightwave Technology, LT-4(7), p.870 (1987) 参照。

【0023】図4は、2つの信号波長を用いた、本発明による光ファイバ通信システムの実施例の概略図である。符号41は1.3μm送信器（すなわち、約1.3μmの放射源）を表し、符号42は1.55μm送信器（すなわち、約1.55μmの放射源）を表す。符号43は通常のWDMコンバイナを表し、符号45は通常のWDMデマルチプレクサを表す。符号44は、ある長さの通常の伝送ファイバ（オプションとして、他の従来の部品とともに、増幅器やリピータを含むことも可能である）を表す。符号46は、1.3μm受信器を表し、符号47は、1.55μm受信器を表す。符号48および49は本発明によるファイバフィルタを表す。符号48はローパスフィルタ特性を有し（すなわち、1.3μmを透過し、1.55μmを遮断する）、符号49はハイパスフィルタ特性を有する（すなわち、1.55μmを透過し、1.3μmを遮断する）。

【0024】当業者には認識されるように、図4のシステムはさまざまな方法で変形可能である。例えば、同じファイバ経路上で双方向伝送を行うように変形可能である。

【0025】当業者には理解されるように、従来のWDMマルチプレクサは一般に、2つの波長を完全に分離することはできない。従って、ファイバフィルタ48に到達する信号は一般に少量の（しかし無視できない、例えば、数%）1.55μm放射を含み、ファイバフィルタ49に到達する信号は一般に少量の1.3μm放射を含む。フィルタリングがなければ、システムはあまり良くないノイズ特性を有することになる。ファイバフィルタを設けることにより、低コストで、あまり複雑さを追加せずに、ノイズ特性を改善することができる。

【0026】図5に、本発明のもう1つの実施例を示す。1.3μm光ファイバ通信システム50は、別の波長（例えば、約1.55μmまたは1.6μm）で動作するモニタ手段（光時間領域反射測定（OTDR）法）を有する。OTDRトランシーバ52はモニタ放射のパルスを、従来の手段（例えばWDM43）によって伝送ファイバ44に入射する。パルス間で、OTDRトラン

シーバは、反射されたモニタ放射の受信器として作用する。ファイバフィルタ51および53が、モニタ放射を抑制するが1.3μmの信号放射を伝送するように設けられる。符号54は、オプションの、モニタ放射の吸収器を表す。

【0027】当業者には認識されるように、非侵入性モニタリングは、図4および図5に概略を示したような簡単なシステムに限定されるものではなく、少なくとも原則的には、光増幅システムを含むほぼ任意のファイバ通信システムに組み込むことが可能である。(光増幅システムの場合、一般に、反射されるモニタ放射がアイソレータをバイパスするようにされる。)本発明によるファイバフィルタは、複数の波長帯域の放射を伝搬するほとんどすべての光ファイバ通信システムに設けることが可能である。しかし、ファイバフィルタは、間隔の密な信号チャネルを有するWDMシステムでのチャネルのフィルタリングを行うことを意図するものではない。

【0028】低コストファイバフィルタが利用可能になることにより、それ自体ではシステムと両立可能な性能特性を有していないような部品の使用が可能となる。その具体例の概略を図6に示す。光パワースプリッタ60は、入力ファイバ61から2つの信号(S1およびS2)を受信する。これらの信号は、波長が約50nm以上離れている。パワースプリッタのパワー分割比はx:(1-x)である。すなわち、出力ファイバ62上のパワーはS1+S2の(1-x)倍であり、出力ファイバ63上のパワーはS1+S2のx倍である。ファイバフィルタ64および65は、それぞれ、S2およびS1を含む通過帯域と、S1およびS2を含む禁止帯域を有する。従って、ファイバ66および67における放射は、それぞれ、S2の(1-x)倍およびS1のx倍となり、結合された信号の波長分離は容易かつ安価に実現される。さらにもう1つの実施例の概略を図7に示す。WDM70は入力ファイバ71から入力S1+S2(ほとんど上記と同様の特性を有する)を受信する。従来のWDMは完全に波長分離作用を実行せず、一般に低コストのWDMは高コストのWDMよりもその作用の実行が良くない。従って、出力ファイバ72および73には、それぞれ、S2+δS1およびS1+δS2が現れる。ただし、記号δは、それに続く信号の比較的小部分を表す。ファイバフィルタ74および75は、それぞれ、S2およびS1に通過帯域を有し、S1およびS2に禁止帯域を有する。こうして、ファイバ76および77における信号は、それぞれ、ほぼ純粋なS2およびS1となり、ほぼ純粋なスペクトルが比較的低コストで得られる。

【0029】

【発明の効果】以上述べたごとく、本発明によれば、簡便で低コストのファイバフィルタが利用可能になること

により、システムのコストも低くなるとともに、以前には費用効率が良くないために利用可能でなかった機能を提供する光ファイバ通信システムが実現される。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例のファイバフィルタで測定した屈折率プロファイルの図である。

【図2】図1のファイバフィルタで、ほぼ直線上のファイバフィルタの場合の伝送スペクトルの図である。

【図3】図1のファイバフィルタで、きつく巻いた(ループ半径1.5インチ(3.81cm))ファイバフィルタの場合の伝送スペクトルの図である。

【図4】本発明による光ファイバ通信システムの実施例の概略図である。

【図5】本発明による光ファイバ通信システムの実施例の概略図である。

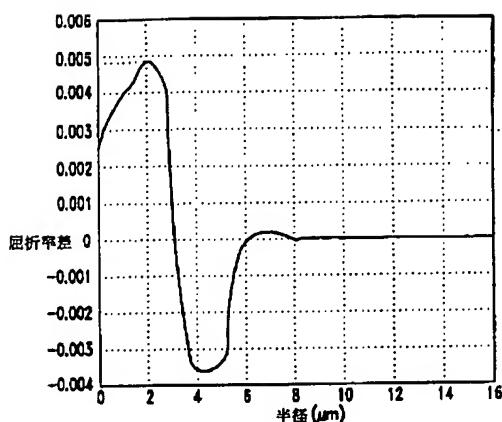
【図6】ファイバフィルタの応用例の概略図である。

【図7】ファイバフィルタの応用例の概略図である。

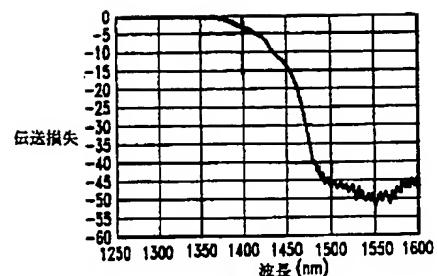
【符号の説明】

- 41 1.3μm送信器
- 42 1.55μm送信器
- 43 WDMコンバ이나
- 44 伝送ファイバ
- 45 WDMデマルチブレクサ
- 46 1.3μm受信器
- 47 1.55μm受信器
- 48 ファイバフィルタ
- 49 ファイバフィルタ
- 50 1.3μm光ファイバ通信システム
- 51 ファイバフィルタ
- 52 OTDRトランシーバ
- 53 ファイバフィルタ
- 54 モニタ放射吸収器
- 60 光パワースプリッタ
- 61 入力ファイバ
- 62 出力ファイバ
- 63 出力ファイバ
- 64 ファイバフィルタ
- 65 ファイバフィルタ
- 66 ファイバ
- 67 ファイバ
- 70 WDM
- 71 入力ファイバ
- 72 出力ファイバ
- 73 出力ファイバ
- 74 ファイバフィルタ
- 75 ファイバフィルタ
- 76 ファイバ
- 77 ファイバ

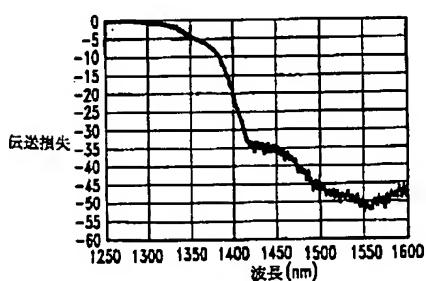
〔 1]



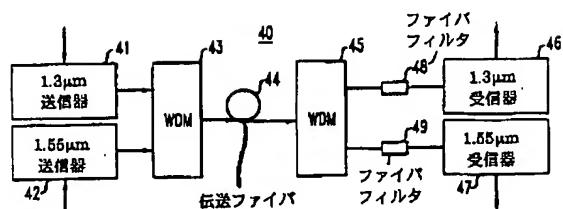
【図2】



〔图3〕

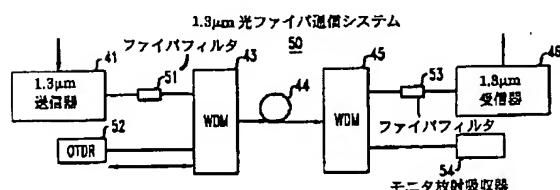


【図4】

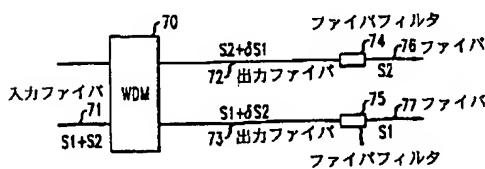


〔図6〕

【图5】



〔图7〕



フロントページの続き

(51) Int.C1.⁶ 識別記号 庁内整理番号 F I 技術表示箇所
H 0 4 B 10/00

(71) 出願人 596077259
600 Mountain Avenue,
Murray Hill, New Je-
rsey 07974-0636 U. S. A.
(72) 発明者 ウィリアム アルフレッド リード
アメリカ合衆国, 07901 ニュージャージー,
一, サミット, ブラックバーン ロード
143

(72) 発明者 ケネス リー ウォーカー
アメリカ合衆国, 07974 ニュージャージー,
一, ニュー プロヴィデンス, セントラル
アヴェニュー 1003
(72) 発明者 イアン アーサー ホワイト
アメリカ合衆国, 30338 ジョージア, ダ
ンウッディー, マンハセット ブレイス
1730